

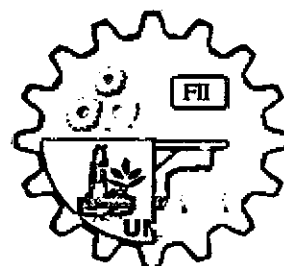


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE INULINA A PARTIR DE
RAÍZ DE DAHLIA (*Dahlia sp.*), OBTENIDA DE LA CIUDAD DE
AYABACA, PIURA”**

PRESENTADA POR:

BCH. PAUL DAVID MAZA PEÑA

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PIURA, PERU

2015



TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

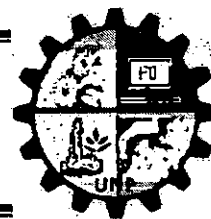
ASESOR: DR. JUAN QUISPE NEYRA

CO-ASESOR: DR. ROYVELY CARHUACHIN GUTIÉRREZ

TESISTA: BCH. PAUL DAVID MAZA PEÑA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador Ad-Hoc de la Tesis denominada:
«OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE INULINA A PARTIR DE RAÍZ DE DAHLIA (*Dahlia sp.*) OBTENIDA DE LA CIUDAD DE AYABACA, PIURA»,
presentada por el señor **PAUL DAVID MAZA PEÑA**, Bachiller de la Escuela
Profesional en Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias; asesorada
por el **Dr. Juan Ignacio Quispe Neyra** y co asesorado por el **Dr. Royvely
Carhuachin Gutiérrez**; reunidos para la sustentación de ésta y luego de
escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la
declaran:

APROBADO

Con el Calificativo:

BUENO



En consecuencia el sustentante se encuentra apto para recibir el título
profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**, conforme a Ley.

Piura, 23 de abril del 2015


Dr. ALFREDO LÁZARO LUDEÑA GUTIÉRREZ
PRESIDENTE – JURADO CALIFICADOR


Ing. CORINA SANDOVAL MORALES, MSc.
VOCAL – JURADO CALIFICADOR


Ing. VÍCTOR ENRIQUE CRISANTO PALACIOS
SECRETARIO – JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, hermanos y familiares por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO:

A mi familia, a mis asesores y profesores, a mis amigos y compañeros que de una u otra forma influyeron en el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

En este trabajo de investigación tiene por finalidad extraer inulina de la raíz de Dahlia aplicando el Método de Extracción en Caliente bajo tres factores controlados que son la relación pulpa/agua, tiempo y temperatura, que a la vez tienen tres niveles (1:1, 1:2 y 1:3 en relación pulpa/agua; 5, 10 y 15 minutos respectivamente en tiempo y 80°C, 90 °C y 100 °C en temperatura) y tres réplicas (en total fueron 81 tratamientos), estos factores fueron evaluados para determinar el mejor tratamiento de extracción de inulina expresado en porcentaje de rendimiento el cual fue de 21.45% en 50 gramos de pulpa en promedio trabajando a 100 °C con una relación de pulpa/agua de 1:3 por 10 minutos, además se evaluó la influencia de los tres factores actuando solos y conjuntamente en el proceso de extracción mediante un Diseño Trifactorial completamente al azar, donde se observó que los tres factores y actuando conjuntamente tienen influencia en la extracción de inulina.

Palabras claves: Dahlia, raíz, inulina, rendimiento.

ABSTRACT

In this research it aims to extract the root of Dahlia inulin by applying the method of extraction in hot under three controlled factors that are the relation pulp/water, time and temperature, which at the same time have three levels (1:1, 1:2 and 1:3 in relation pulp/water; 5, 10 and 15 minutes respectively in time and 80 ° C 90 ° c and 100 ° C in temperature) and three replicates (in total there were 81 treatments), these factors were evaluated to determine the best treatment of inulin extraction expressed as a percentage of performance which was 21.45% in 50 grams of pula on average working at 100 ° C with a ratio of 1:3 pulp/water for 10 minutes, also assessed the influence of three factors acting alone and together in the process of extraction using a Trifactorial completely randomized design, where it was noted that the three factors and acting jointly have influence on the extraction of inulin.

Keywords: Dahlia, root, inulin, performance.

INDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. ASPECTOS GENERALES DE LA DAHLIA.....	3
3.1.1. ORIGEN.....	3
3.1.2. CLASIFICACIÓN.....	4
3.1.3. VARIEDADES.....	4
3.1.4. NOMBRES COMUNES.....	5
3.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA.....	5
3.1.5.1. TALLO.....	5
3.1.5.2. HOJA.....	5
3.1.5.3. FLOR.....	5
3.1.5.4. RAÍZ.....	6
3.1.5.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ.....	8
3.2. POLISACÁRIDOS NO ALMIDÓN: FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS E INULINA.....	8
3.2.1. FRUCTOÓLIGOSACÁRIDOS.....	10
3.2.2. INULINA.....	12
3.2.2.1. HISTORIA.....	12
3.2.2.2. ESTRUCTURA QUÍMICA.....	12
3.2.2.3. FUENTES DE INULINA.....	13
3.2.2.4. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LA INULINA.....	15
3.2.2.5. APLICACIÓN EN ALIMENTOS.....	22
3.2.2.6. ASPECTOS REGLAMENTARIOS.....	22
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	24

4.2.	MATERIA PRIMA	24
4.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	24
4.4.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA RAÍZ DE DAHLIA.....	25
4.5.	ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE DAHLIA	25
4.5.1.	ELABORACIÓN DEL EXTRACTO DE DAHLIA.....	25
4.5.2.	OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE INULINA DE RAÍZ DE DAHLIA	28
4.5.2.1.	EXTRACCIÓN EN CALIENTE	28
4.5.2.2.	INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LA EXTRACCIÓN	28
4.5.2.3.	INFLUENCIA DE LA TEMPRERATURA EN LA EXTRACCIÓN	28
4.5.2.4.	INFLUENCIA DE LA RELACIÓN PULPA/AGUA.....	28
4.6.	CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE INULINA	30
4.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1.	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA RAÍZ DE DAHLIA.....	32
5.2.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA RAÍZ	32
5.3.	EXTRACTO EN CALIENTE DE INULINA.....	33
5.3.1.	MODELO ESTADÍSTICO	33
5.3.2.	PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	34
5.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
5.5.	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA INULINA EXTRAIDA	41
VI.	CONCLUSIONES.....	42
VII.	RECOMENDACIONES	43
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
IX.	ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

	TÍTULO	Pág.
Cuadro N° 1.	Variedades de Dahlia.	4
Cuadro N° 2.	Composición físico-química de los tubérculos de Dahlia.	8
Cuadro N° 3.	Clasificación de los polisacáridos no almidón.	9
Cuadro N° 4.	Contenido promedio de Inulina en diferentes especies vegetales.	14
Cuadro N° 5.	Aplicaciones de inulina en alimentos.	22
Cuadro N° 6.	Análisis físico-químico de la raíz de Dahlia.	32
Cuadro N° 7.	Datos estadísticos.	34
Cuadro N° 8.	Porcentaje de extracto obtenido con tres réplicas.	35
Cuadro N°9.	Porcentaje de extracto obtenido promediando las réplicas.	35
Cuadro N°10.	Análisis de varianza, tabla ANOVA .	39
Cuadro N°11.	Análisis Físicoquímico de la inulina.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	TÍTULO	Pág.
Figura N° 1.	Variedades de Dahlia en Ayabaca.	6
Figura N° 2.	Raíces de Dahlia.	7
Figura N° 3	Estructura química de los fructanos.	11
Figura N° 4.	Estructura química de la inulina.	14
Figura N° 5.	Esquema del proceso de extracción de inulina.	26
Figura N° 6.	Esquema de evaluación del tiempo en el proceso de extracción de inulina.	29
Figura N° 7.	Gráfica de cantidad de extracto obtenido (en porcentaje).	36
Figura N° 8.	Histograma en función del rendimiento.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

	TÍTULO	Pág.
Anexo N° 1.	Planta de Dahlia	46
Anexo N° 2.	Proceso de extracción de inulina.	47
Anexo N° 3.	Análisis fisico-químico de la raíz de Dahlia.	53
Anexo N° 4.	Rendimiento de inulina en gramos.	54
Anexo N° 5.	Grafica de rendimiento en gramos de inulina.	55
Anexo N° 6.	Análisis de varianza aplicando el programa estadístico de computadora minitab 16.	56
Anexo N° 7.	Análisis fisico-químico de la raíz de Dahlia.	59

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se tuvo por objetivo extraer inulina de la raíz de Dahlia, de una variedad que crece de manera silvestre en la ciudad de Ayabaca, en Piura.

La Dahlia es una planta cuya flor ornamental es comercialmente distribuida por el mundo al ser apreciada por su belleza y variedad; pero también esta planta conserva en sus raíces inulina que es un polisacárido que también se encuentra en otras plantas, como cereales y granos, con altas propiedades benéficas para la salud humana el cual está siendo aprovechado principalmente en México al ser un país con la mayor cantidad de variedades y vanguardia en investigación de la Dahlia.

Los principales beneficios de la inulina en la salud humana son: mejora en la absorción de minerales, es prebiótica, anticancerígena, mejora la absorción de lípidos y ayuda a controlar la diabetes.

Entonces al ser la Dahlia una planta muy benéfica y que crece de manera silvestre en la sierra piurana, se procedió a cuantificar la cantidad que contenían sus raíces a comparación de otras ciudades, llevándose a cabo un Método de Extracción en Caliente que consiste en tratar las raíces de Dahlia a una determinada temperatura, en una relación con agua por un determinado tiempo para una eficaz extracción.

Después de obtener y caracterizar la inulina se analizó estadísticamente la extracción con un diseño estadístico completamente al azar para determinar la influencia de los tratamientos (tiempo, temperatura y relación pulpa/agua) en la variable respuesta (rendimiento).

II. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO PRINCIPAL

- Obtener y caracterizar inulina a partir de raíz de Dahlia (*Dahlia sp.*), obtenida de la ciudad de Ayabaca, Piura.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estandarizar el protocolo de extracción de inulina obtenida a partir de la raíz de Dalia de Ayabaca.
- Determinar los parámetros adecuados para la obtención y caracterización de inulina de la raíz de Dahlia de Ayabaca.
- Analizar la influencia de los parámetros de temperatura, relación pulpa/agua y tiempo, sobre el rendimiento de la inulina obtenida a partir de la raíz de Dahlia.
- Analizar las propiedades físico-químicas de la inulina extraída.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. ASPECTOS GENERALES DE LA DAHLIA

3.1.1. ORIGEN

Las dalias son originarias de los altos valles de naturaleza arcillo-silíceas de México. El nombre de "Dahlia" que le fue dado recuerda al botánico Andreas Dahl, alumno de Linneo. Esta planta fue introducida en Europa por los españoles con la esperanza de utilizar sus raíces carnosas con fines alimentarios, como lo hacían los aztecas. En Bélgica se obtuvieron las primeras plantas de carácter ornamental con flores grandes y dobles, estas plantas rápidamente se propagaron por todo el continente. Por el contrario, dos siglos de cultivo, selección e hibridaciones la han convertido en una de las especies ornamentales que ofrecen mayor diversidad de tamaños, formas y colorido de las flores (Hammet, 1980).

En el Perú, también se encuentra distribuida la Dahlia en las zonas alto andinas (Herrera, 1939) en este caso la encontramos silvestremente en Ayabaca.

Miguel (2009) menciona a Whitley (1985) quien dice: El género Dahlia se encuentra ampliamente difundido en la familia de las Asteraceae o Compositae (compuestas), cuenta con más de 30 especies y 20,000 variedades. Son plantas de raíces tuberosas comestibles, hojas dentadas y sus flores presentan una gran variedad de colores y formas. Además su importancia económica es como planta ornamental principalmente. Miguel (2009) quien menciona a Heywood, (1977).

3.1.2. CLASIFICACIÓN

Las Dahlias pertenecen a la familia de las COMPOSITAE que son Plantas herbáceas o arbustivas, rara vez arbóreas o trepadoras; hojas opuestas o alternas, en ocasiones todas radicales, sin estípulas; flores por lo general pequeñas, agrupadas por muchas o pocas en cabezuela (capítulo), dispuestas sobre un receptáculo y en muchos casos acompañadas cada una por una bráctea individual o pálea, el conjunto rodeado por fuera por una o varias series de brácteas que constituyen el involucre; flores hermafroditas, unisexuales o estériles, actinomorfas o zigomorfas. Calderón y Rzedowski (2005).

Y el género *Dahlia* herbáceas perennes o subfruticulentas, a veces epífitas o trepadoras; con tubérculos fasciculados o con la raíz subterránea tuberosa y engrosada. Calderón y Rzedowski (2005).

3.1.3. VARIEDADES

Cuadro N° 1: Variedades de *Dahlia*

Variedades de <i>Dahlia</i>		
• <i>D. apiculata</i>	• <i>D. excelsa</i>	• <i>D. rudis</i>
• <i>D. atropurpurea</i>	• <i>D. hjertingii</i>	• <i>D. scapigera</i>
• <i>D. australis</i>	• <i>D. merckii</i>	• <i>D. sherffii</i>
• <i>D. barkeriae</i>	• <i>D. mollis</i>	• <i>D. sorensenii</i>
• <i>D. brevis</i>	• <i>D. neglecta</i>	• <i>D. spectabilis</i>
• <i>D. cardiophylla</i>	• <i>D. parvibracteata</i>	• <i>D. tenuis</i>
• <i>D. coccinea</i>	• <i>D. pinnata</i>	• <i>D. tubulata</i>
• <i>D. cuspidata</i>	• <i>D. pteropoda</i>	• <i>D. variabilis</i>

Fuente: The American Dahlia Society.

3.1.4. NOMBRES COMUNES

Existen muchas variedades de Dahlias, pero a todas ellas se les conoce comúnmente como “dalia”

3.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

3.1.5.1. TALLO

Tallos erectos, rara vez trepadores, frecuentemente no ramificados excepto en la porción floral o a veces desde la base. Calderón y Rzedowski (2005).

3.1.5.2. HOJA

Hojas opuestas o verticiladas, simples a tripinnado-compuestas, frecuentemente con estipelas; cabezuelas grandes o a veces de tamaño mediano, solitarias o irregularmente paniculadas, sobre pedúnculos largos. Calderón y Rzedowski (2005).

3.1.5.3. FLOR

Flores liguladas estériles, blancas o moradas, amarillas o rojas; flores del disco hermafroditas, fértiles, tubulosas, amarillas o moradas (todas o algunas reemplazadas por flores liguladas en muchas formas hortícolas), ramas del estilo linear-lanceoladas y dorsalmente aristadas. Calderón y Rzedowski (2005).

Figura N° 1: Variedades de Dahlia en Ayabaca



Fuente: Fotos tomadas en Ayabaca, Piura por el autor.

3.1.5.4. RAÍZ

Raíces tuberosas; brácteas involucrales exteriores carnosas (con la superficie ligeramente arrugada en ejemplares secos); aquenios fuertemente comprimidos o a veces algo triangulares en corte transversal, lineares a oblongos u oblanceolados; plantas generalmente robustas, rara vez de menos

de 50 cm de alto; cabezuelas frecuentemente de más de 5 cm de diámetro.
Calderón y Rzedowski (2005).

Figura N° 2: Raíces de Dahlia



Fuente: Fotos tomadas en Ayabaca, Piura por el autor.

3.1.5.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ

Fuentes et al (revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe), quien en su trabajo de Tesis determinó la siguiente composición química de la Dahlia (raíces obtenidas en Lambayeque, Perú). Ver cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Composición fisico-química de los tubérculos de Dahlia

Constituyente	Resultado
Agua (%)	72.93
Ceniza (%)	1.28
Proteínas (%)	1.28
Grasas (%)	0.46
Fibra (%)	7.49
Materia orgánica (%)	95.64
Carbohidratos (%)	16.56
Ca (%)	0.085
P (mg/100g)	7.2

Fuente: Raíces obtenidas de Monsefú, Lambayeque. Fuentes et al (revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe).

3.2.POLISACÁRIDOS NO ALMIDÓN: FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS E INULINA

Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos 20 residuos de monosacáridos. El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido. Por ello, se utiliza el término polisacáridos no almidón para identificar aquellos polisacáridos que alcanzan el colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Existen múltiples clasificaciones de los polisacáridos no almidón, ningún enteramente satisfactoria ya que no se pueden definir de sus márgenes absolutamente, ni en términos de estructura y función analíticamente. Una de estas clasificaciones divide a los polisacáridos en polisacáridos estructurales, polisacáridos de depósito o de almacenamiento y polisacáridos aislados (Cuadro N° 3). Los polisacáridos estructurales son aquellos que se hallan en la pared celular vegetal: celulosa, hemicelulosa y

sustancias pécticas. Los polisacáridos de depósito o almacenamiento son componentes no estructurales de plantas, aunque en ocasiones pueden hallarse en forma de pared celular engrosada; están formados por los mananos y galactomananos (que también son componentes estructurales de la pared celular en algunas plantas y son, entonces, clasificadas como hemicelulosas), y los fructanos y glucofructanos (inulina, levanos y fructanos ramificados), contenidos en muchos cereales y tubérculos. Por último los polisacáridos aislados, algunos de los cuales existen de forma natural como, por ejemplo, extractos de los componentes de la pared celular (goma de cereales, goma de guar), gomas exudadas en respuesta a la lesión de la planta o mucílagos hallados en células especializadas tales como las que rodean las semillas (por ejemplo, ispaghula). Hernández y Sastre (1999).

Cuadro N° 3: Clasificación de los polisacáridos no almidón

Tipo de polisacárido	Grupos principales	Subtipos
Estructurales	Celulosa No celulosa	Celulosa. Hemicelulosa, sustancias pécticas.
De depósito	Fructo-polisacáridos	Inulina, levano, fructanos ramificados.
Aislados	Mananos, galactomananos Naturales Aditivos alimentarios Semisintéticos	Goma de guar. Gomas y mucílagos. Gomas, polisacáridos de algas, celulosa modificada. Polidextrosa.

Fuente: Hernández y Sastre (1999).

La inulina y los FOS (fructooligosacáridos) no tienen una composición química definida ya que son, en realidad, una mezcla de fructanos de diferente tamaño. Debido

a que las moléculas de fructosa se unen exclusivamente por enlaces $\beta - (2 \rightarrow 1)$, estos fructanos adquieren una conformación espacial semejante a cadenas lineales. La diferencia entre los FOS y la inulina radica en el número de moléculas de fructosa que tiene estas cadenas. En la inulina, este número varía de 2 y 60, mientras que en los FOS, que tiene cadenas más pequeñas, el número varía de 2 y 10 (Figura N° 3). Esto significa que a los FOS se les puede considerar como un grupo subgrupo de la inulina (Figura N° 3). Seminario, Valderrama y Manrique (2003).

3.2.1. FRUCTOÓLIGOSACÁRIDOS

Los fructooligosacaridos (FOS), también conocidos como oligofructanos u oligofructosa, pertenecen a una clase particularmente de azúcares conocido con el nombre de fructanos. La estructura fundamental de los fructanos es un esqueleto de unidades de fructosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos $\beta - (2 \rightarrow 1)$ y/o $\beta - (2 \rightarrow 6)$. Es frecuente encontrar, adicionalmente, una molécula de glucosa al inicio de la cadena de cada fructano (Figura N° 3). Existen diversos tipos de fructanos en la naturaleza, pero desde un punto de vista nutricional y de uso en la industria alimentaria se reconocen a los FOS y a la inulina como los más importantes. Seminario, Valderrama y Manrique (2003).

Los fructooligosacáridos cumplen la definición fisiológica/nutricional de la fibra, ya que resisten la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas y alcanzan el colon intactos. A este nivel son fermentados completamente por la flora bacteriana colónica no detectándose en las heces después de su consumo. Por ello se ha propuesto incluirlos dentro del concepto de carbohidratos completos y clasificarlos como fibra dietética. Hernández y Sastre (1999).

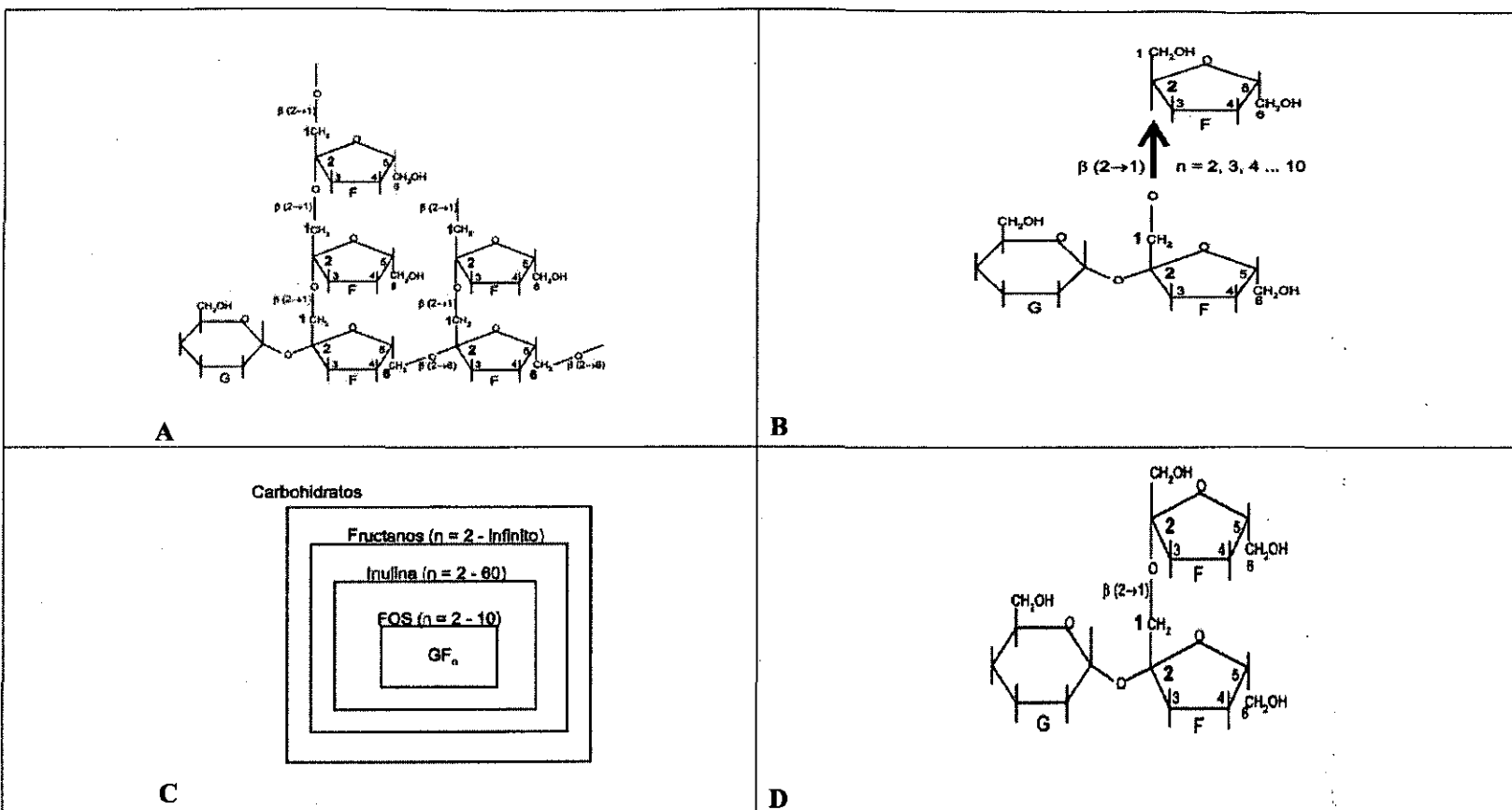


Figura N° 3: Estructura química de los fructanos. "A" los fructanos pueden polimerizar miles de moléculas de fructosa (F) utilizando enlaces glucosídicos $\beta - (2 \rightarrow 1)$ y $\beta - (2 \rightarrow 6)$, lo que permite la conformación espacial de estructuras ramificadas. Obsérvese que al inicio de la cadena del fructano se liga una molécula de glucosa (G). "B" información detallada de la composición química de los FOS: entre 2 a 10 moléculas de F unidades por enlace $\beta - (2 \rightarrow 1)$. "C" la inulina y los FOS tienen en su estructura sólo enlaces $\beta - (2 \rightarrow 1)$. Se diferencian únicamente en el número de moléculas de F dentro de sus cadenas. En la inulina puede haber hasta 60 moléculas de F, mientras que los FOS sólo tienen como máximo hasta 10. "D" estructura química del oligofructano más sencillo que se conoce (1-kestosa). Seminario, Valderrama y Manrique (2003).

3.2.2. INULINA

3.2.2.1. HISTORIA

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento que se encuentra en muchas plantas. Ha formado parte de nuestra dieta diaria por algunos siglos, ya que se produce de forma natural en muchos vegetales, frutas y cereales. La inulina es industrialmente obtenida de las raíces de achicoria y se utiliza como ingrediente alimentario, que ofrece, propiedades nutricionales interesantes e importantes beneficios tecnológicos. (Franck, 2006).

La inulina fue aislado de *Inula* por Rose, un científico alemán, en 1804, pero fue Thomson quien llamó a esta sustancia inulina. (Coussement y Franck, 2001).

Uno de los pioneros en la investigación de fructanos es el fisiólogo de plantas alemán Julius Sachs, quien también descubrió el almidón en los cloroplastos. (Roberfroid, 2005).

Hoy en día, sólo la inulina a partir de raíces de achicoria se comercializa como ingrediente alimentario purificada. Las raíces de achicoria que se utilizan son de la especie (*Cichorium intybus*). (Coussement y Franck, 2001).

3.2.2.2. ESTRUCTURA QUÍMICA

La inulina es la fructosana más difundida: se encuentra presente en diversas fuentes, como la achicoria y la alcachofa, de donde se obtiene comercialmente, su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6% de

moléculas de glucosa, que se considera están ubicadas en los extremos de la cadena. (Badui, 2006).

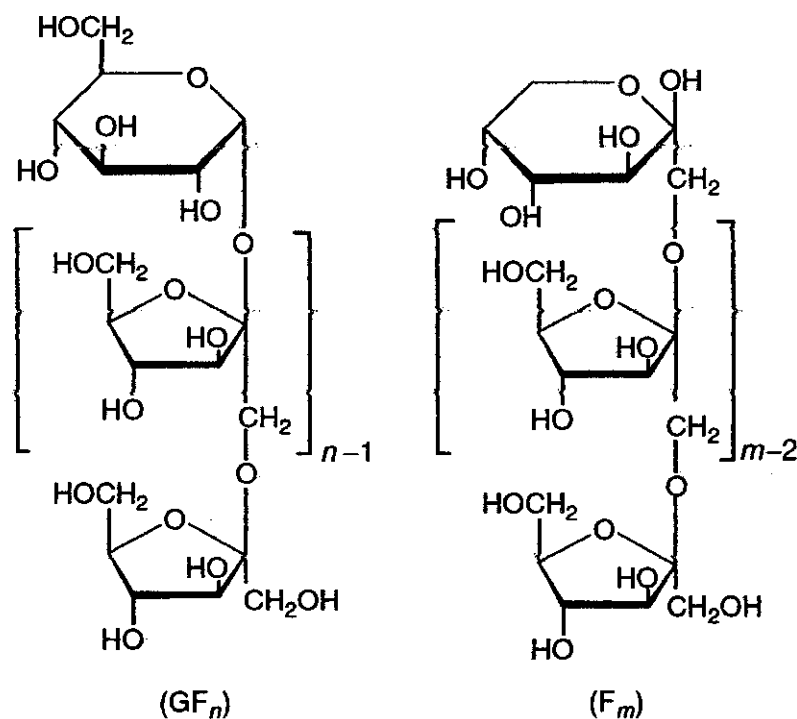
La inulina se ha definido como un hidrato de carbono polidispersa que consiste principalmente de $\beta - (2 \rightarrow 1)$ enlaces fructosil-fructosa. Una fracción de glucosa inicial puede estar presente, pero no necesariamente. Ambos compuestos GF_n y F_n (donde F es una unidad fructosilo y G una unidad de glucosilo) están por lo tanto incluidos en la misma nomenclatura. Su estructura molecular se muestra en la Figura N° 4. En inulina de achicoria, n, el número de unidades de fructosa puede variar de 2 a aproximadamente 60. (Franck, 2006).

El grado de polimerización (DP) y la posible presencia de ramas son importantes propiedades, ya que influyen en la funcionalidad de los fructanos. El DP de inulina planta es más bien baja (DP < 200) y varía en función de las especies de plantas, las condiciones meteorológicas, y la edad fisiológica de la planta. (Franck, 2006).

3.2.2.3. FUENTES DE INULINA

A nivel industrial, la inulina se produce principalmente para la industria alimenticia; entre las especies de plantas que producen mayores cantidades de inulina se identifican las del grupo Liliaceae (ajo, cebolla, espárrago, ajoporro) y Compositae (achicoria, patata o tupinambo y yacón). (Ibarra et al., 2010).

Figura N° 4: Estructura química de la inulina



Fuente: Franck (2006).

Cuadro N° 4: Contenido promedio de Inulina en diferentes especies vegetales

Especie vegetal	Inulina (g/100g base seca)
Pataca (<i>Helianthus tuberosus</i>)	89
Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>)	79
Raíz de Dalia (<i>Dahlia sp.</i>)	59
Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	48
Ajoporro (<i>Allium porrum</i> L.)	37
Ajo (<i>Allium sativum</i>)	29
Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	27
Espárrago (<i>Asparagus officinalis</i> L.)	4
Cambur (<i>Musa cavendishii</i>)	2
Centeno (<i>Secale cereale</i>)	1

Fuente: Van Loo, J. On the presence of inulina and oligofructose as natural ingredients in the western diet. Citado por: Ibarra *et al* (2010).

3.2.2.4. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LA INULINA

A) LA INULINA Y OLIGOFRUCTOSA BAJAS EN CALORIAS

Desde el punto de vista de consumidor y nutricional, el valor energético de un producto alimenticio es un parámetro importante ya que la tendencia actual es consumir alimentos light que generen un beneficio para nuestra salud. El buscar alimentos bajos en calorías han hecho que las industrias de alimentos sustituyan insumos muy calóricos en insumos con bajo nivel de calorías, de esta manera tenemos un mismo producto pero ya bajo en calorías. (Roberfroid 2005).

La no digestibilidad de la inulina y la oligofructosa está en la base de su valor calórico reducido en comparación con el resto de sus componentes monosacáridos. La inulina y la oligofructosa, además, se ven afectados sólo marginalmente durante su paso a través de la boca y el estómago.

La inulina y la oligofructosa son completamente convertidos, principalmente a los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) - acetato, propionato, y butirato - lactato, biomasa bacteriana, y los gases (Coussement y Franck, 2001).

B) PREBIÓTICOS: DEFINICIÓN Y REQUISITOS DE FUNDAMENTO CIENTÍFICO.

Basado en lo que menciona Roberfroid (2005), el término "prebiótico" se definió primero como: "Un ingrediente alimentario no digerible que afecta beneficiosamente al huésped estimulando selectivamente el crecimiento y / o

actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon, y por tanto, mejora la salud del huésped."

Desde su introducción, el concepto de prebióticos ha llamado mucho la atención, estimular el interés científico como industrial. Sin embargo, un efecto prebiótico se ha atribuido a muchos componentes de los alimentos, a veces sin la debida consideración a los criterios requeridos. En particular, muchos de los alimentos oligosacáridos y polisacáridos (incluida la fibra dietética) han afirmado que tienen actividad prebiótica, aunque no todos los carbohidratos de la dieta son prebióticos.

Esta clasificación requiere una demostración científica de que el ingrediente:

1. Resiste la acidez gástrica y la hidrólisis por las enzimas de mamíferos y la absorción gastrointestinal.
2. Es fermentada por la microflora intestinal.
3. estimula selectivamente el crecimiento y la actividad de las bacterias intestinales asociados con la salud y el bienestar.

Aunque cada uno de estos criterios es importante, el tercero, relativo a la estimulación selectiva del crecimiento y actividad de las bacterias, es el más polémico y difícil de cumplir. Se requiere de muestreo anaeróbica seguida por un análisis microbiológico fiable y cuantitativo de una amplia variedad de géneros bacterianos tales como aerobios y anaerobios totales, bacteroides, bifidobacterias, clostridios, enterobacterias, eubacterias, y lactobacilos.

Una fermentación reportada en cultivos puros de cepas microbianas individuales, o un aumento en un número limitado de géneros de bacterias en mezclas complejas de bacterias (por ejemplo, lodos fecales), ya sea in vitro o in vivo, no pueden aceptarse como una demostración de un efecto prebiótico. Esto se debe a un enfoque tan limitado no tiene en cuenta la alta complejidad de la microflora intestinal y las numerosas interacciones bacterianas que existen en ella. Al tomar en consideración la estimulación de la actividad bacteriana, se han utilizado los patrones de producción de ácidos orgánicos y otros productos de fermentación, gases y enzimas. Sin embargo, estos aún no han sido plenamente validados como biomarcadores de géneros bacterianos específicos.

Es evidente que tal demostración convincente se ha realizado sólo para un número limitado de ingredientes alimentarios o suplementos. Como cuestión de hecho, una revisión reciente de los datos disponibles se ha llegado a la conclusión de que, de unos 20 compuestos para los que el atributo prebiótico se ha reclamado en la literatura científica (como hasta abril de 2003), sólo tres cumplen con los requisitos para clasificación prebiótica. Estos tres productos son:

- Fructanos tipo inulina.
- (Trans)-galactooligosacáridos.
- La Lactulosa (pero es, casi exclusivamente utilizado como laxante).

Como conclusión de su revisión, una definición ligeramente modificada del término "prebiótico" también se ha propuesto: Un prebiótico es un ingrediente fermentado selectivamente que permite cambios específicos, tanto en la composición y la actividad de la microflora gastrointestinal que confiere beneficios al anfitrión el bienestar y la salud.

Por lo tanto, la fermentación prebiótico debe dirigirse hacia las bacterias visto como la promoción de la salud, con los lactobacilos y las bifidobacterias nativas siendo actualmente los objetivos preferidos, y con especial atención a las bifidobacterias que se considera como el principal grupo promotor de la salud en la microflora intestinal. De hecho, *Bifidobacterium sp.*, domina la microflora intestinal de los lactantes alimentados con leche materna, y que se cree que desempeñan un papel importante en la mejora de la salud y el desarrollo de los lactantes alimentados con leche materna en comparación con aquellos que son alimentados con fórmula. Los efectos beneficiosos de las bifidobacterias se cree que son:

- Protección contra la infección entérica.
- Disminución del pH intestinal por la formación de ácidos después de la asimilación de carbohidratos.
- Eliminación de las bacterias de putrefacción y patógenos.
- Producción de vitaminas.
- La estimulación de la respuesta inmune.

C) ABSORCIÓN DE MINERALES

La inulina también aumenta la absorción intestinal de calcio, hierro y magnesio, así como la densidad mineral ósea en ratas. En un primer estudio con voluntarios adultos sanos que se les dio 40 g / día de inulina de achicoria, se observó un aumento importante en la absorción de calcio. Un aumento significativo en la absorción de calcio también se ha confirmado en las adolescentes después de la ingestión de tan sólo 8 g / día de un producto de inulina específica (inulina enriquecida con oligofructosa). (Franck, 2006).

D) DIABETES

Para Franck (2006), tanto la inulina y la oligofructosa son hidrolizados en pequeñas proporciones desdeñables durante su paso por la boca humana, el estómago y el intestino delgado. Como consecuencia, tanto la inulina y la oligofructosa no tienen ninguna influencia en el nivel de glucosa en sangre cuando se ingiere por vía oral. Esto ha sido confirmado por muchos investigadores, por ejemplo, en los seres humanos por Beringer y Wenger (1955) y Sanno et al. (1984) y en ratas por Takeda y Niizato (1982) y Brichard (1989), todos citados por Franck, (2006).

El uso potencial de inulina como alimento para los diabéticos ha sido conocido desde el comienzo del siglo XX: Persia en 1905 (Lewis, 1912 mencionada por Franck, 2006), recomendó la inulina para los diabéticos y afirmó que el producto fue bien digerido y asimilado por las personas en grandes dosis y durante largos períodos de tiempo. Strauss (1911) mencionada

por Franck, (2006), informó de la alimentación de 40-100 g / día de inulina pura para ser muy beneficioso para el paciente. Desde entonces, muchas más aplicaciones para los diabéticos se han descrito en la literatura, por ejemplo, pan a base de inulina diabética y pastelería y mermelada para diabéticos a base de inulina.

E) ANTICANCERÍGENO

Franck (2006), menciona que investigaciones recientes, indican que la inulina y la oligofructosa tienen un potencial quimiopreventivo significativo. Ellos pueden evitar en gran medida la formación de lesiones precancerosas del colon inducido químicamente en ratas. También, obviamente, retrasan la fase inicial de la carcinogénesis.

La Inulina de cadena larga puede ser más eficaz que los fructanos de cadena más corta en la prevención de la formación de lesiones en la parte distal del colon. Este es el lugar con la incidencia más alta de cáncer en seres humanos. Esto puede ser debido a la fermentación más lenta de las moléculas de cadena larga y, por tanto estimulada la actividad bacteriana en la parte distal del colon.

Otros experimentos indican que la inulina de cadena larga también es capaz de retrasar la fase de propagación de la carcinogénesis de colon en ratas. Se observaron efectos sinérgicos cuando se administraron inulina y bifidobacterias juntos. Esta es la primera observación experimental de un

efecto simbiótico in vivo (efecto fisiológico sinérgico obtenido mediante la combinación de un probiótico con un prebiótico)

Se demostró además que la inulina y la oligofructosa inhiben el desarrollo de células cancerosas trasplantadas en el muslo y el peritoneo de los ratones. También pueden reducir el desarrollo de cáncer de mama inducido químicamente en ratas. Franck (2006).

F) MEJORA DE METABOLISMO DE LÍPIDOS

Los estudios bioquímicos realizados por Coussement y Franck, (2001) con hepatocitos aislados han demostrado que el consumo de oligofructosa o inulina reduce la actividad de las enzimas hepáticas clave relacionados con la lipogénesis (síntesis de nuevos ácidos grasos o triglicéridos de montaje de grupos acilo y glicerol).

Estudios con voluntarios humanos indican que la inulina y la oligofructosa tienen un efecto modulador. Se ha informado de que el consumo de fructanos reduce los triglicéridos séricos y el colesterol (principalmente colesterol LDL) en voluntarios sanos que son (ligeramente) hiper-lipidémicos. Los parámetros óptimos de lípidos adultos jóvenes sanos normo-lipidémicos, por el contrario, no se vieron afectados.

Un pensamiento nuevo, implica comprobar el impacto de inulina u oligofructosa en una dieta desequilibrada en normo-lipidémicos, un problema crónico de la sociedad occidental. Experimentos con ratas demostraron que la adición de 10% de inulina u oligofructosa a una dieta rica en grasas redujo el

contenido de triglicéridos en suero postprandial, así como el contenido de colesterol en suero, en más de un 50% en comparación con los grupos control.

3.2.2.5. APLICACIÓN EN ALIMENTOS

El uso de la inulina está muy diversificado productos alimenticios, entonces tiene un gran potencial en la industria alimentaria.

Cuadro N° 5: Aplicaciones de inulina en alimentos

Alimento	Cantidad de Inulina recomendada en el producto (%)	Propiedades que ofrece el producto
Pan	5-10	Bajas calorías
Pasta	10-15	Remplazo del azúcar
Yogurt	5	Bajas calorías Imparte textura Estabilización de la Flora colónica.
Queso untable	5	Imparte textura. Bajas calorías
Helado	7	Enriquece las fibras de relleno. Bajas calorías
Chocolate	10-40	Preparación de salsas light.
Salsas	5	Aumento de fibra
Productos cárnicos	5	Reduce costos

Fuente: Chirinos (1999) quien cita a Westerdijk, (1997).

3.2.2.6. ASPECTOS REGLAMENTARIOS

La inulina es legalmente clasificada como alimento o ingrediente alimentario en todos los países donde se utiliza, entonces la inulina no aparece como un aditivo alimentario, por ejemplo, de la Unión Europea o de Codex Alimentarius. En los Estados Unidos, un comité de expertos declaró inulina generalmente reconocido como seguro en 1992. Las leyes de la alimentación

de la mayoría de los países exigen que un nombre específico pueda utilizar en la lista de ingredientes. El nombre de la inulina es legalmente aceptada (Franck, 2006).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial e Industrias alimentarias de la Universidad Nacional de Piura y en el Laboratorio De Control De Calidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura.

4.2.MATERIA PRIMA

Las Raíces de Dahlia fueron cosechadas después de la floración en la ciudad de Ayabaca, estas raíces se encontraban de manera silvestre en esta ciudad.

4.3.MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza analítica
- Refractómetro ABBE
- Termómetro digital
- Cronómetro digital
- pH metro WTH
- Cocina eléctrica
- Refrigeradora
- Extractor
- Cuchillos de acero inoxidable
- Bagueta de vidrio
- Tablas de picar de plástico
- Tela para filtrar de horganza

- Colador de plástico
- Vasos de precipitado
- Agua destilada
- Carbonato de sodio
- Hipoclorito de sodio

4.4. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA RAÍZ DE DAHLIA

Los análisis físico-químicos aplicados a la raíz de Dahlia fueron realizados en el Laboratorio de Control De Calidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura.

4.5. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE DAHLIA

4.5.1. ELABORACIÓN DEL EXTRACTO DE DAHLIA

En la Figura N° 5 se muestra el esquema general para la obtención de extracto de oligofructanos explicándose cada una de las operaciones a continuación.

A. Materia prima

Se utilizó la raíz de Dahlia (*Dahlia sp.*).

B. Selección

Se eliminaron las raíces que presentaron cualquier tipo de daños físicos (pequeños, con cortes, golpes) y biológicos (daño por insectos, por microorganismos).

C. Lavado y desinfectado

Las raíces fueron lavadas con agua potable para eliminar residuos de tierra e impurezas, luego son lavadas con agua destilada y posteriormente

desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.02% para eliminar microorganismos y evitar contaminaciones posteriores.

D. Pelado

Se eliminó la cascara de las raíces con un cuchillo de acero inoxidable para trabajar solo con la pulpa.

E. Pulpeado

Se usó un extractor para obtener una muestra de pulpa homogénea.

F. Extracción de inulina

Para la extracción se procedió de la siguiente manera: la pulpa homogenizada se mezcló con agua destilada en relación 1:3 (uno de pulpa y tres de agua), se y se calentó a 100 °C por 10 minutos.

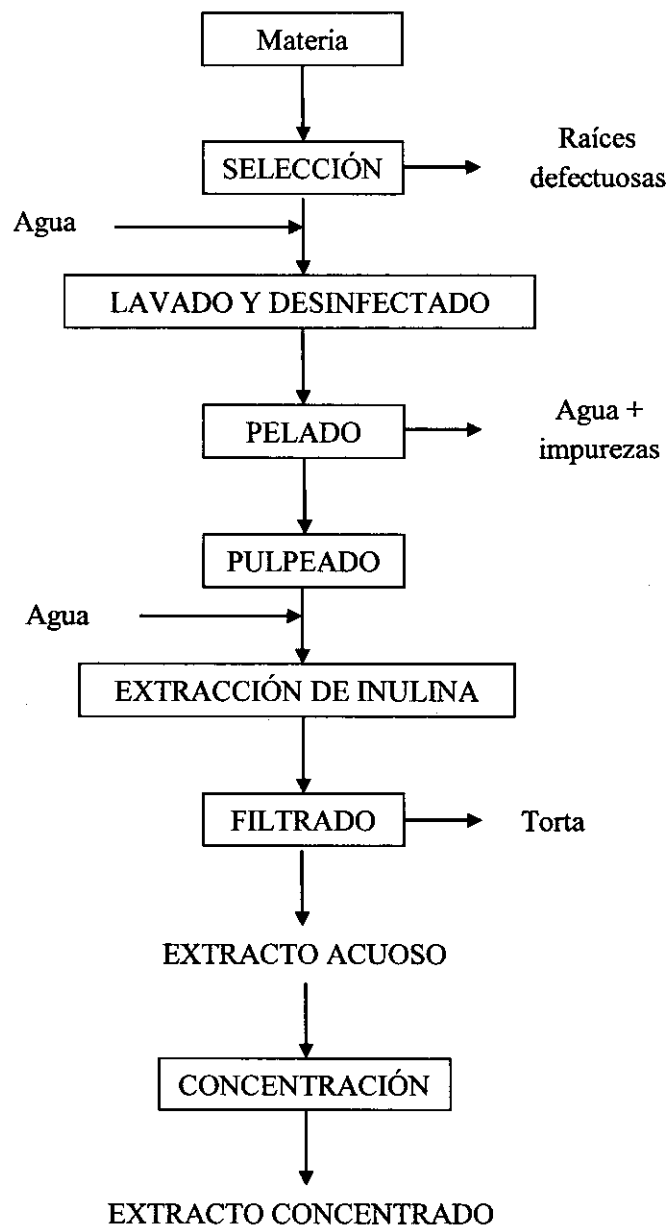
G. Filtrado

Se filtró con el fin de separar los componentes solubles (inulina) e insolubles (torta).

H. Concentración

El líquido filtrado se evaporó a 70 °C hasta obtener una pasta semiseca y luego se secó en una refrigeradora a 4 °C (deshidratación por frío) para evitar pardeamiento en secado a altas temperaturas.

Figura N° 5: Esquema del proceso de extracción de inulina.



Fuente: Chirinos (1999)

4.5.2. OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE INULINA DE RAÍZ DE DAHLIA

En esta etapa del proceso se determinó los mejores parámetros de tiempo, temperatura y relación pulpa/agua para obtener un mayor rendimiento de extracto de inulina usando el método de Extracción en Caliente.

4.5.2.1. EXTRACCIÓN EN CALIENTE

Chirinos (1999) emplea un método convencional de extracción que consiste en mezclar la pulpa con agua, neutralizarla con carbonato de sodio, luego llevado a una determinada temperatura de por un determinado tiempo.

(Figura N° 6)

4.5.2.2. INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LA EXTRACCIÓN

Se evaluaron los tiempos de $t_1=5$, $t_2=10$ y $t_3=15$ minutos respectivamente en el proceso de extracción para determinar el mejor tiempo en obtener una mayor concentración de inulina.

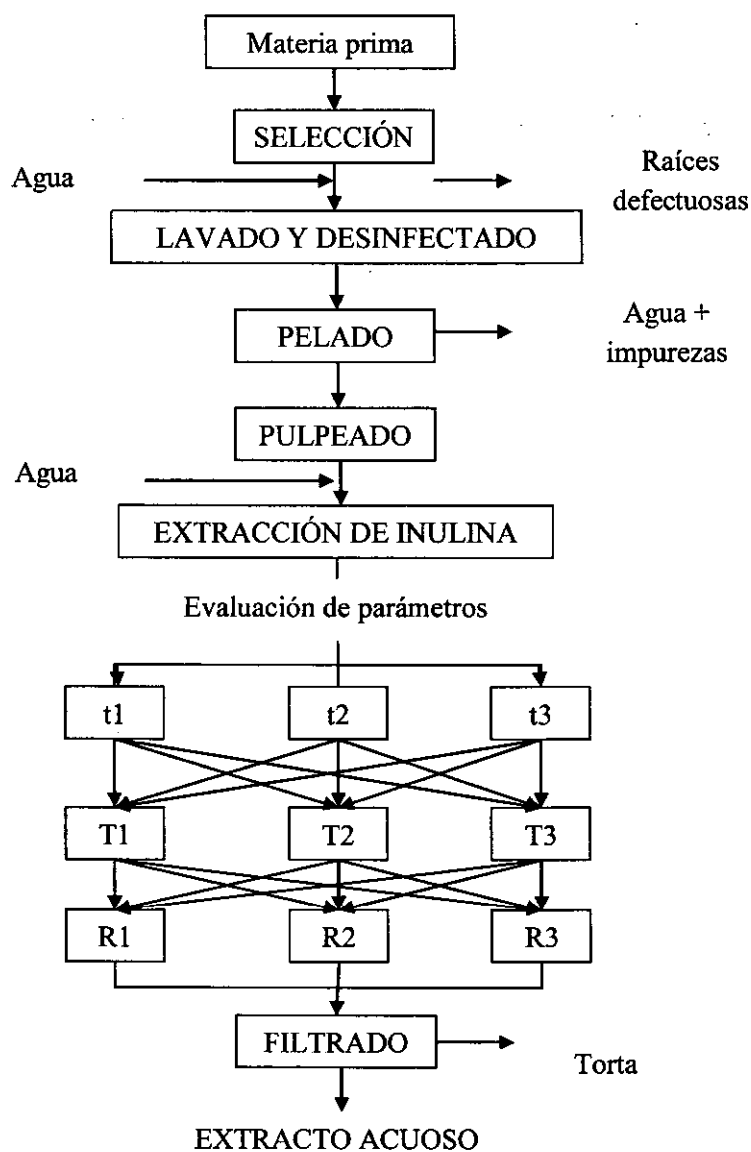
4.5.2.3. INFLUENCIA DE LA TEMPRERATURA EN LA EXTRACCIÓN

Se evaluaron las temperaturas de $T_1= 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2= 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_3=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la extracción, temperaturas mayores degradan los polisacáridos, y elegir la mejor temperatura al obtener un mayor rendimiento.

4.5.2.4. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN PULPA/AGUA

Se ensayaron las relaciones de 1/1, 1/2 y 1/3 de pulpa/agua destilada respectivamente ya que el agua a temperaturas altas y en mayor cantidad extrae mejor la inulina.

Figura N° 6: Esquema de evaluación del proceso de extracción de inulina.



Donde:

$t1 = 5$ minutos, $t2 = 10$ minutos y $t3 = 15$ minutos.

$T1 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T2 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T3 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$R1 = 1/1$, $R2 = 1/2$ y $R3 = 1/3$, pulpa/agua respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

4.6. CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE INULINA

Se efectuó en el laboratorio de Pesquería de la Universidad Nacional de Piura.

4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación del tiempo, temperatura y relación pulpa/agua en estudio en el proceso de extracción en caliente, se aplicó el diseño trifactorial Completamente al Azar (DCA) con un nivel de significancia al 5% para determinar en todos los tratamientos que ofrecían un mayor rendimiento en la extracción de inulina.

EXPERIMENTO TRIFACTORIAL CON DISEÑOS DE BLOQUES AL AZAR.

El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_l + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = es la observación 1, en el nivel i del factor A, nivel j del factor B, nivel k del factor C.
- μ = es la media general.
- R_l = efecto debido a la réplica.
- A_i = es el efecto del nivel i del factor A.
- B_j = es el efecto del nivel j del factor B.
- C_k = es el efecto del nivel k del factor C.
- $(AB)_{ij}$ = es el efecto de la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B.
- $(AC)_{ik}$ = es el efecto de la interacción del nivel i del factor A y el nivel k del factor C.

- $(BC)_{jk}$ = es el efecto de la interacción del nivel j del factor B y el nivel k del factor C.
- $(ABC)_{ijk}$ = es el efecto de la interacción del nivel i del factor A, el nivel j del factor B y el nivel k del factor C.
- E_{ijkl} = es el error experimental.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA RAÍZ DE DAHLIA

- **FORMA:** Presentan formas redonda, ovalada, alargadas y curvas.
- **COLOR DE LA CÁSCARA:** Es de color marrón oscuro.
- **COLOR DE LA PULPA:** De color crema y amarillo claro.
- **OLOR:** amargo casi neutral
- **SABOR:** Astringente amargo
- **TEXTURA:** Rugosa

5.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA RAÍZ

En el Cuadro N° 6 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos que se realizaron a la raíz de Dahlia.

Cuadro N° 6: Análisis físico-químico de la raíz de Dahlia

ENSAYO	RESULTADO
Humedad (%)	73.14
Proteínas (%)	2.35
Grasa (%)	0.24
Cenizas (%)	8.68
Fibra (%)	3.31
Carbohidratos (%)	12.28
Acidez (H_2SO_4) (%)	0.35
Valor Calórico (Kcal/100g)	60.61
Sólidos Totales (%)	26.86
Azúcares Reductores (mg/kg)	116

Fuente: Informe del Laboratorio de la Facultad de Pesquería, Universidad Nacional de Piura. Ver anexo 3.

- Teniendo en cuenta el Cuadro N° 2 presentado por Fuentes et al (revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe), se observa que la humedad es casi igual

en las dos muestras, si bien el contenido de grasa en la muestra de raíz de Ayabaca es casi la mitad del resultado de grasas obtenido por Fuentes, es muy bajo y no representan ni el 0.5% en peso. En cuanto al porcentaje de ceniza obtenido en la muestra de Ayabaca, es muy elevado. En cuanto a la fibra, Fuentes obtiene un resultado de 7.49% en comparación al 3.31% que se obtuvo de nuestra muestra. Los carbohidratos están cerca en los dos resultados y no hay mucha diferencia significativa.

5.3. EXTRACTO EN CALIENTE DE INULINA

5.3.1. MODELO ESTADÍSTICO

La extracción se desarrolló trabajando con tiempo, temperatura y relación pulpa/agua (con tres niveles cada uno) controlados respectivamente y en conjunto para determinar el mejor tratamiento reflejado en el porcentaje de extracto obtenido. Para determinar el tratamiento adecuado, se trabajó con un diseño experimental completamente al azar (diseño 3^k), con tres réplicas sumando un total de 81 tratamientos a analizar.

Cuadro N° 7: Datos estadísticos

Modelo Estadístico	
Factor A	Tiempo
Factor B	Temperatura
Factor C	Relación pulpa/agua
Variable respuesta	Rendimiento
Unidad de análisis	Inulina en raíz de Dahlia
N° de réplicas	3 réplicas
Total de observaciones	81
N° de niveles del factor A	3
N° de niveles del factor B	3
N° de niveles del factor C	3
Tipo de diseño	Diseño factorial 3 ^k

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN.

La parte fundamental dentro de todo el proceso se concentra en la etapa de extracción. En esta parte del proceso se determinó el mejor tratamiento con el cual se obtuvo la mayor cantidad de extracto. Para esto se necesitó evaluar los factores de tiempo, temperatura y relación pulpa/agua conjuntamente.

Una vez estudiado los factores, interactuados conjuntamente, se llegó a determinar el tratamiento de 10 minutos a 100 °C en una relación de Pulpa/agua de 1/3 como el más óptimo para la extracción, ya que se obtuvo un rendimiento del 21.48%. (Figura N° 10).

La cantidad de inulina extraída se define en el mayor rendimiento de extracto obtenido durante el proceso.

Cuadro N° 8: Porcentaje de extracto obtenido con tres réplicas.

	Réplicas	t1			t2			t3		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
P/A1	1	8.2750%	8.3516%	9.5723%	8.9293%	9.5248%	9.4762%	8.7173%	9.4543%	9.1782%
	2	8.0320%	8.6131%	9.1690%	8.8640%	9.1345%	9.2563%	8.9239%	9.3944%	9.4743%
	3	8.0352%	8.6565%	8.3550%	8.4966%	9.0945%	9.4743%	8.9728%	9.1782%	9.3962%
P/A2	1	12.0032%	11.4154%	12.3526%	13.6718%	14.2143%	14.8511%	13.7090%	14.4371%	16.0968%
	2	11.6107%	11.7153%	12.9574%	13.7145%	13.9289%	14.5513%	12.6150%	14.2514%	16.2902%
	3	11.6777%	12.1576%	13.2147%	13.8145%	14.0772%	14.8711%	13.8345%	14.0915%	15.8368%
P/A3	1	16.3567%	15.6737%	15.7505%	16.2902%	19.7282%	20.5677%	15.7968%	19.2323%	18.9324%
	2	15.7074%	15.9336%	16.8932%	15.4338%	18.7925%	21.4114%	16.0736%	18.7762%	18.6763%
	3	16.5334%	16.0968%	16.0903%	15.5169%	18.5726%	22.4510%	15.9336%	18.1164%	18.0164%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 9: Porcentaje de extracto obtenido promediando las réplicas.

	t1			t2			t3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
P/A1	8.11%	8.54%	9.03%	8.76%	9.25%	9.40%	8.87%	9.34%	9.35%
P/A2	11.76%	11.76%	12.84%	13.73%	14.07%	14.76%	13.39%	14.26%	16.07%
P/A3	16.20%	15.90%	16.24%	15.75%	19.03%	21.48%	15.93%	18.71%	18.54%

Fuente: Elaboración propia

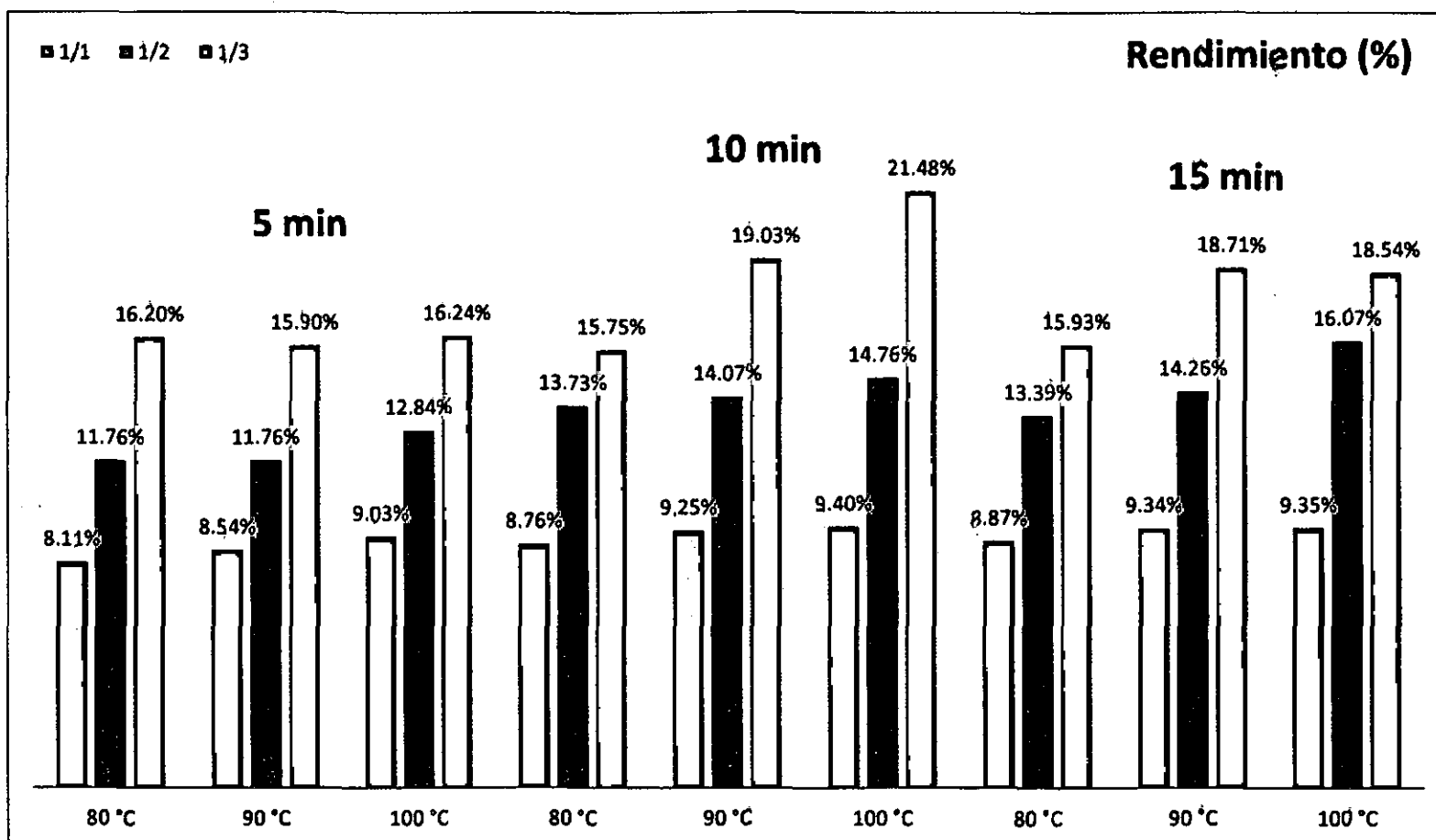
Donde: t1 = 5 min, t2 = 10min y t3 = 15 min

T1= 80 °C, T2 = 90 °C y T3 = 100 °C

P/A1 = 1/1, P/A2 = 1/2 y P/A3 = 1/3

En base a 50 gramos de muestra

Figura N° 7: Gráfica de cantidad de extracto obtenido (en porcentaje)



Fuente: Elaboración propia

- Ibarra *et al* (2010) quien cita a Van Loo, J. obtiene un rendimiento de 59% (59g sobre 100g de muestra) de inulina en raíces de Dahlia. Este resultado es más de la mitad con respecto al obtenido en esta investigación y se debe a muchos factores como: variedad, clima, suelo, fertilización, en nuestro caso es una planta silvestre.

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Pruebas de Hipótesis:

1) Respecto al factor A:

H₀: No existe efecto significativo ocasionado por el tiempo sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabla}}$.

H₁: Existe efecto significativo ocasionado por el tiempo sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$.

2) Respecto al factor B:

H₀: No existe efecto significativo ocasionado por la temperatura sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabla}}$.

H₁: Existe efecto significativo por la temperatura sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$.

3) Respecto al factor C:

H₀: No existe efecto significativo ocasionado por la relación pulpa/agua sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabla}}$.

H₁: Existe efecto significativo ocasionado por la relación pulpa/agua sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir su efecto es $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$.

4) Respecto a la interacción AB, AC, BC, ABC:

H₀: No existe efecto significativo ocasionado por la INTERACCIÓN de los FACTORES actuando de forma conjunta sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabla}}$.

H₁: Existe efecto significativo ocasionado por la INTERACCIÓN de los FACTORES actuando de forma conjunta sobre el porcentaje de extracto obtenido, es decir, $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$.

Cuadro N° 10: Análisis de varianza, tabla ANOVA

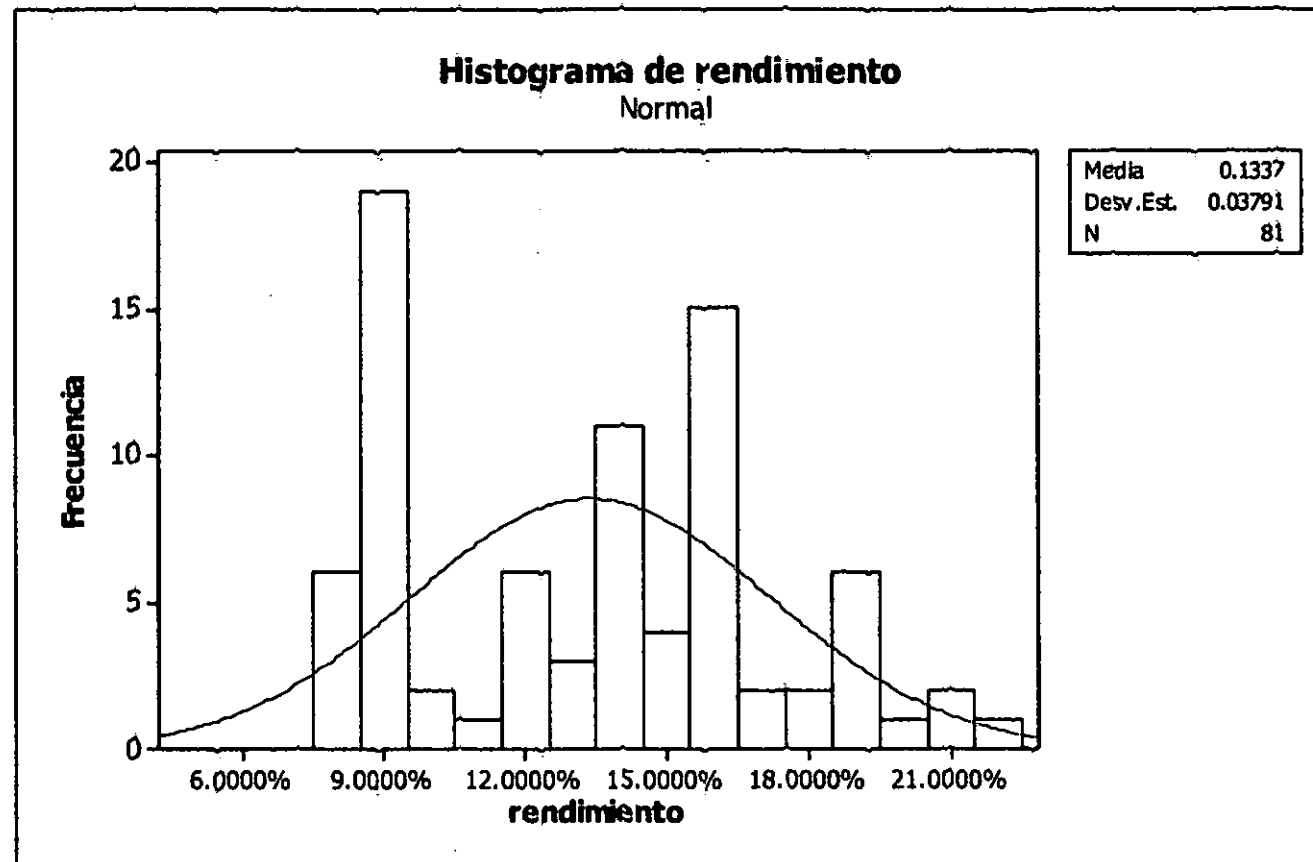
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F _{cal}	F _{tabla}
p/a	2	0.0993809	0.0993809	0.0496905	3182.41	3.17
tiempo	2	0.0038673	0.0038673	0.0019336	123.84	3.17
temperatura	2	0.0050205	0.0050205	0.0025103	160.77	3.17
p/a*tiempo	4	0.0012666	0.0012666	0.0003167	20.28	2.544
p/a*temperatura	4	0.0015041	0.0015041	0.0003760	24.08	2.544
tiempo*temperatura	4	0.0009064	0.0009064	0.0002266	14.51	2.544
p/a*tiempo*temperatura	8	0.0021547	0.0021547	0.0002693	17.25	2.117
Error	54	0.0008432	0.0008432	0.0000156		
Total	80	0.1149438				

Fuente: Elaboración propia

- Analizando el factor A (tiempo): al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces este factor sí tiene un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).

- Analizando el factor B (temperatura): al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces este factor si tiene un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).
- Analizando el factor C (pulpa/agua): al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces este factor si tiene un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).
- Analizando la interacción del factor A y B: al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces la interacción de estos factores si tienen un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).
- Analizando la interacción del factor A y C: al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces la interacción de estos factores si tienen un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).
- Analizando la interacción del factor B y C: al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces la interacción de estos factores si tienen un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).
- Analizando la interacción de los tres factores A, B y C: al ser el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabla}}$ se rechaza H_0 , entonces la interacción de estos factores si tienen un efecto significativo en la variable respuesta (extracto obtenido).

Figura N° 8: Histograma en función del rendimiento



Fuente: Elaboración propia.

- ♥ El valor con más índice de repetición es de 9% de extracto de 50g de muestra aproximado.

5.5. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA INULINA EXTRAIDA

Cuadro N° 11: Análisis Fisicoquímico de la inulina

ENSAYO	RESULTADO
Humedad (%)	7.27
Proteínas (%)	8.69
Grasa (%)	2.01
Cenizas (%)	3.47
Fibra (%)	0.2
Acidez (H_2SO_4) (%)	1.14
Sólidos Totales (%)	92.73

Fuente: Informe del Laboratorio de la Facultad de Pesquería, Universidad Nacional de Piura. Ver anexo 7.

- El producto final es de color blanquecino, sabor simple, olor astringente, textura suave.
- No existe mucha referencia bibliográfica acerca de la verdadera composición química de la inulina, es un tema nuevo y de importancia actual para los fines ya mencionados como los beneficios para la salud humana. La poca referencia bibliográfica muestra más el valor obtenido en peso de inulina de las plantas tratadas.

VI. CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje obtenido de inulina después de haber aplicado y analizado los parámetros de tiempo, temperatura y relación pulpa/agua y sus combinaciones fue de 21.48% (promediando las réplicas) en 50g de raíz de Dahlia, o sea 10.74g aproximadamente.
- Se estandarizó el protocolo para la extracción de un mayor rendimiento de inulina eligiendo el mejor tratamiento para la extracción que fue a temperatura de 100 °C, en una relación de pulpa/agua de 1:3 a 10 minutos.
- En el cuadro N° 4 se menciona que de 100g raíz de Dahlia contiene 59g de inulina, a comparación de los 21.74g (100g de raíz) obtenidos aproximadamente en este trabajo.
- Existe una influencia significativa y actuando conjuntamente de los tratamientos en la variable respuesta (rendimiento).
- La variación anterior de inulina extraída se debe a muchos factores como, domesticación de la planta, mejores manejos culturales, mejor época de cosecha, a comparación de la raíz tratada en esta investigación que se obtuvo de manera silvestre.

VII. RECOMENDACIONES

- Hacer un estudio respecto al tiempo de cosecha de la raíz (antes de la floración, en la floración o después de la floración), porque en esta investigación se utilizaron raíces cosechadas después de la floración para obtener un mayor rendimiento, pero se debe tener en cuenta la variedad de la planta, clima, ya que se podría obtener un mejor rendimiento diferente a la obtenida cosechando la raíz después de la floración.
- Analizar la torta (bagazo residual del proceso de extracción) si contiene una cantidad considerable de inulina para ser extraída en una segunda etapa de extracción en caliente.
- La variable temperatura es la que más dificultad presenta en el proceso de extracción. Se debe contar con una cocina con termostato regulable automáticamente para mantener el proceso a una temperatura constante y no presentar dificultades ni error al hacerlo manualmente.
- Hacer un estudio técnico económico para la industrialización de la inulina, además de la comercialización sus flores ya que es una planta ornamental muy cotizada en otros países.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Cuarta edición. México: PEARSON.
- Calderón, G., Rzedowski, J. & colaboradores. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Chirinos R. (1999). *Obtención y caracterización de los oligofructanos a partir de la raíz de yacón (Smallanthus sonchifolia Poepp. & Endl.)*. Tesis para obtener el grado de Magister Scientiae, escuela de Post-grado de la especialidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Coussement, P. & Franck, A. (2001). *Inulin and oligofructose*. Cap. 36. En: *Handbook of dietary fiber*. Editorial Marcel Dekker, Inc, Estados Unidos.
- Franck, A. (2006). *Inulin* Cap. 10. En: *Food polysaccharides and their applications*. Segunda edición por Taylor & Francis Group. Boca Ratón, Estados Unidos.
- Fuentes, M., et al. *EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACION DE LA INULINA PRESENTE EN LOS TUBERCULOS DE LA Dahlia spp*. Recuperado de: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFile/6471/56>
90
- Hammet, K. (1980). *The world of dalias*. Editorial Kaye and Ward. Londres, Inglaterra.
- Hernández, M. y Sastre, A. (1999). *Tratado De Nutrición*. Primera edición. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos.

- Herrera F. (1939). *Catálogo Alfabético de los nombres vulgares y científicos de plantas que existen en el Perú*. Publicado por la Universidad Mayor de San Marcos.
- Ibarra, E., Botero, J., & Cortés, C. (2010). *Ingeniería de tequilas*. Primera edición. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Migueles, H. (2009). *Aplicación de la inulina de dalia y achicoria en el desarrollo de productos alimenticios*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias con especialidad en alimentos, escuela Nacional de Ciencias biológicas, sección de estudios de posgrado e investigación, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- Roberfroid, M. (2005). *Inulin-type fructans functional food ingredients*.
- Seminario, J., Valderrama, M. y Manrique, I. (2003). *EL YACON. FUNDAMENTOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE UN RECURSO PROMISORIO*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima, Perú.
- The American Dahlia Society. Recuperado de: <http://www.dahlia.org/>

IX. ANEXOS

ANEXO N° 1: PLANTA DE DAHLIA



Fuente: Fotos tomadas por el autor en Ayabaca, Piura.

ANEXO N° 2: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE INULINA (Fotos tomadas en el laboratorio por el autor)

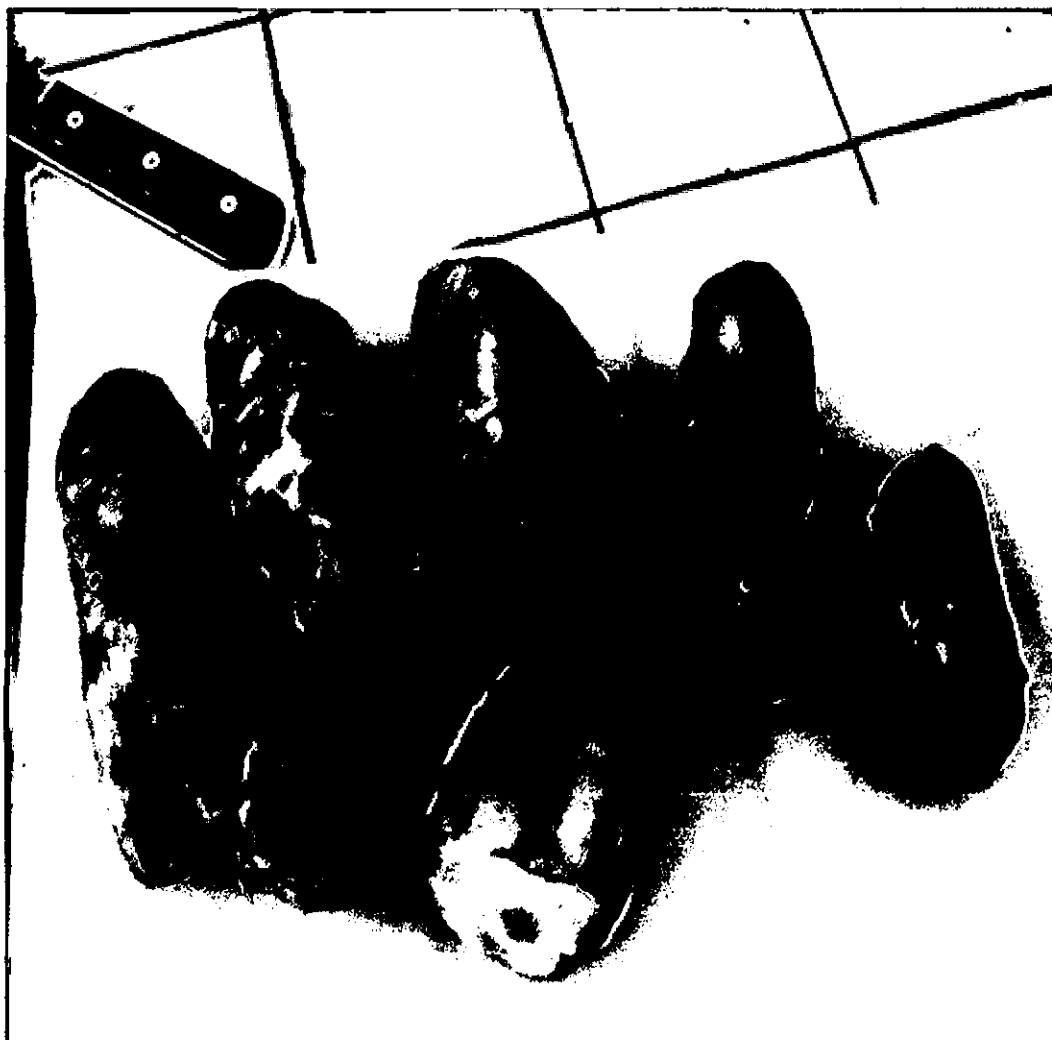
Enumeración y clasificación de vasos de precipitado



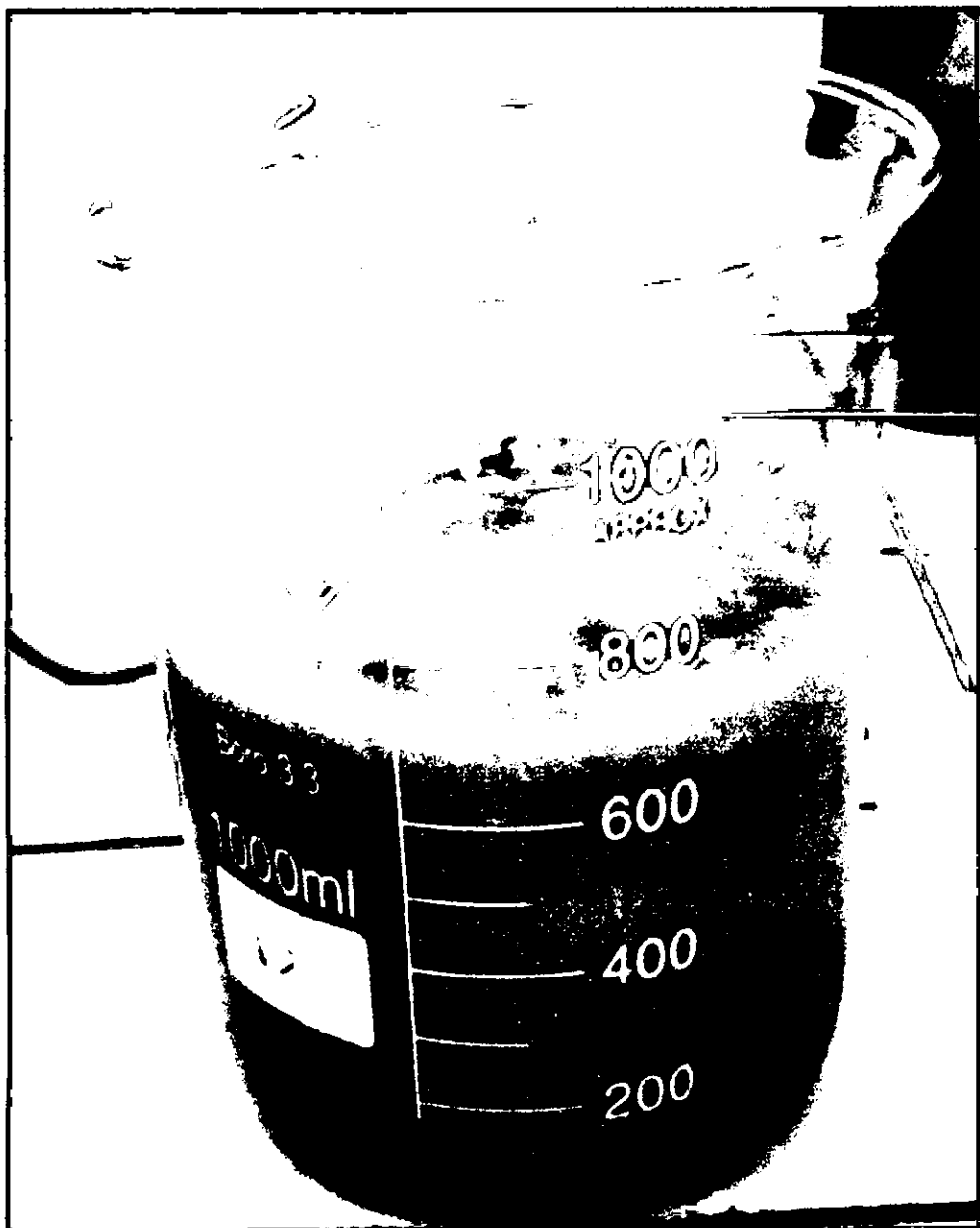
Lavado de raíces de dahlia



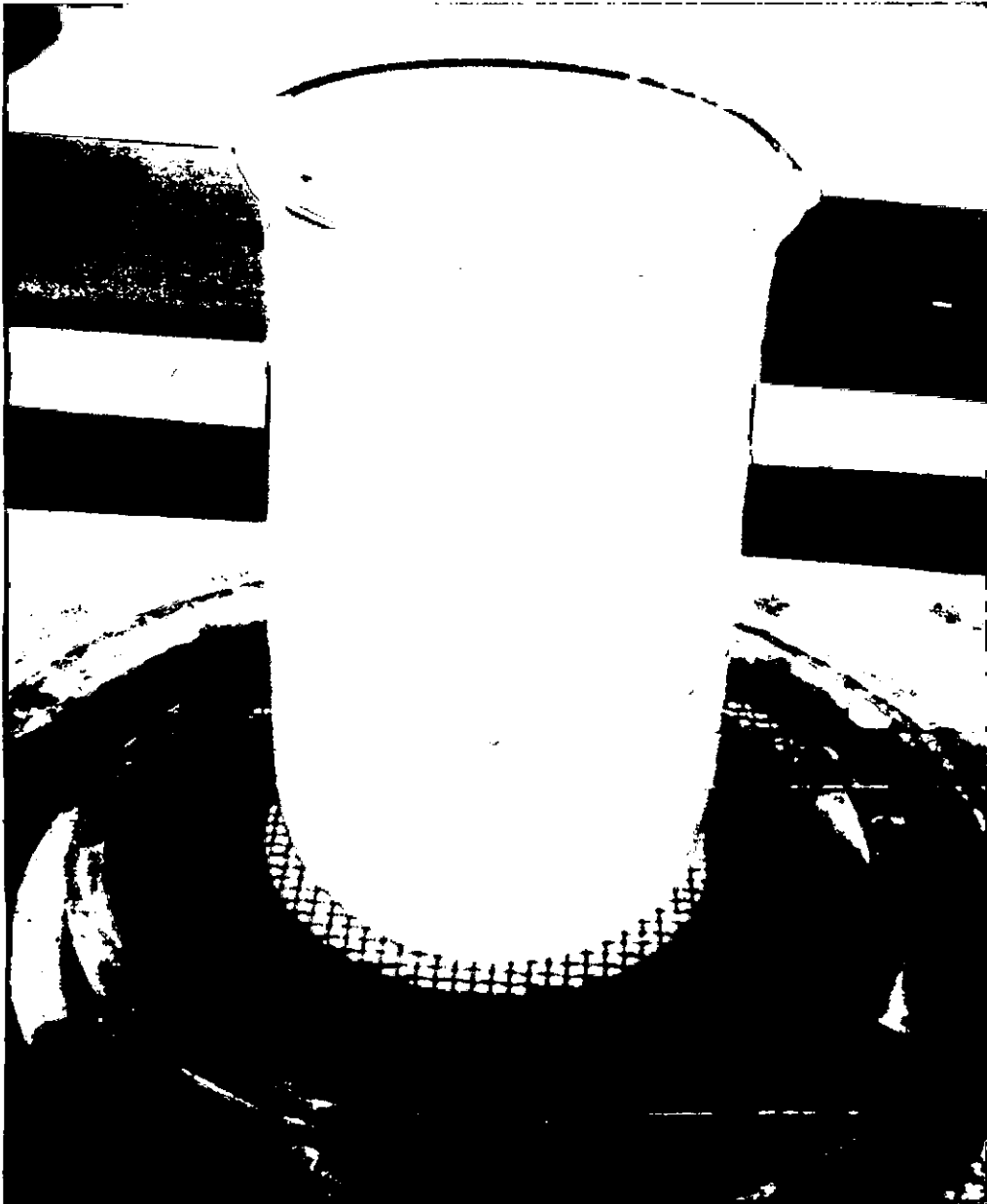
Pelado de raíces



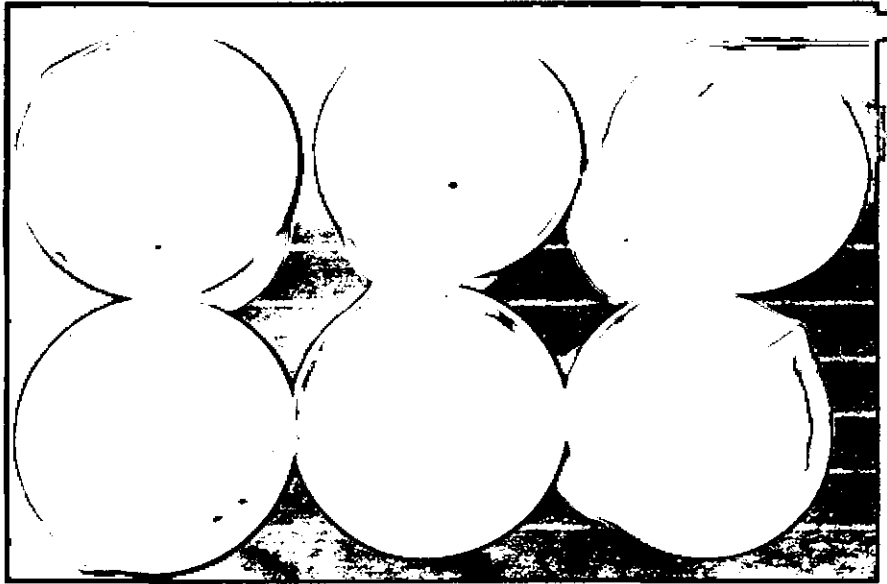
Raíz pulpeada y rallada



Tratamiento térmico de la pulpa con agua controlando el tiempo



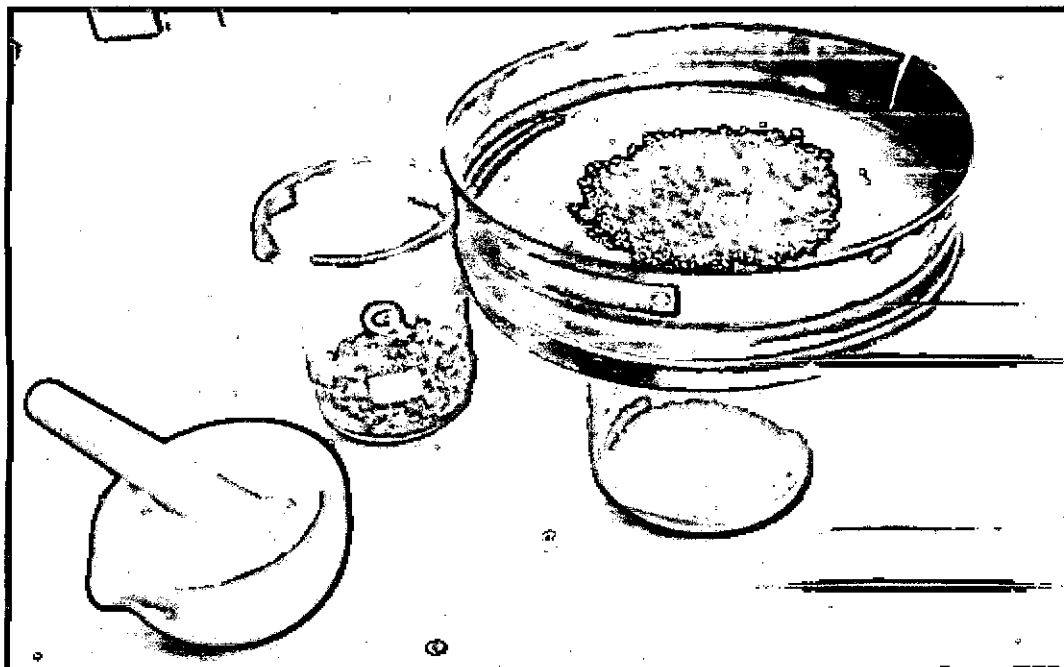
Inulina extraída de la raíz después de secado en frío



Inulina molida en mortero



Inulina tamizada para conservación



ANEXO N° 3: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA RAÍZ DE DAHLIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



INFORME N° 280 -2014

Solicitante : PAUL DAVID MAZA PEÑA
Domicilio legal : Av. Grau 1702 - Castilla - Piura
Producto Declarado : Raíz de Dahlia
Procedencia : Ayabaca
Tamaño de la muestra : 400 g
Proyecto : "Obtención y Caracterización de Inulina a Partir de Dahlia (Dahlia sp) Obtenida de la Ciudad de Ayabaca - Piura"
Identificada con : O/S 003271 - (280)
Fecha de Recepción : 16 - 09 - 2014
Fecha de inicio del ensayo : 16 - 09 - 2014
Fecha de término del ensayo : 22 - 09 - 2014
Período de Custodia y Validez del documento : Este documento tiene validez para la muestra declarada por un periodo de treinta días a partir de la emisión del documento.
"Muestra no sujeta al proceso de diferenciación"

Pág. 1 / 1

MUESTREO REALIZADO
POR EL CLIENTE



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ENSAYOS	RESULTADO	Métodos ²
Humedad (%)	73.14	NTP 209.264:2013
Proteínas (%)	2.35	NTP 209.262:2013
Grasa (%)	0.24	NTP 209.263:2013
Cenizas (%)	8.68	NTP 209.265:2013
Fibra (%)	3.31	NTP 205.003:1980
Carbohidratos (%)	12.28	POR DIFERENCIA
Acidez (H ₂ SO ₄) (%)	0.35	NTP 209.266:2012
Valor Calórico (KCAL/100g)	60.61	POR CALCULO
Sólidos Totales (%)	26.86	Gravimétrico
Azúcares Reductores (mg/kg)	116	Fehling

Piura, 22 de Septiembre del 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Ing. Fidel González Méndez
JEFE

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"

DUC IN ALTIM "REMAR MAR ADENTRO" (Lucas 5,4)
Urb. Miraflores - Campus Universitario S/N - Castilla - Piura
Teléfonos: (073)-285251, anexo 2013 - (073) - 285203
labcontrol@unp.edu.pe
atencioncliente.lab@unp.edu.pe

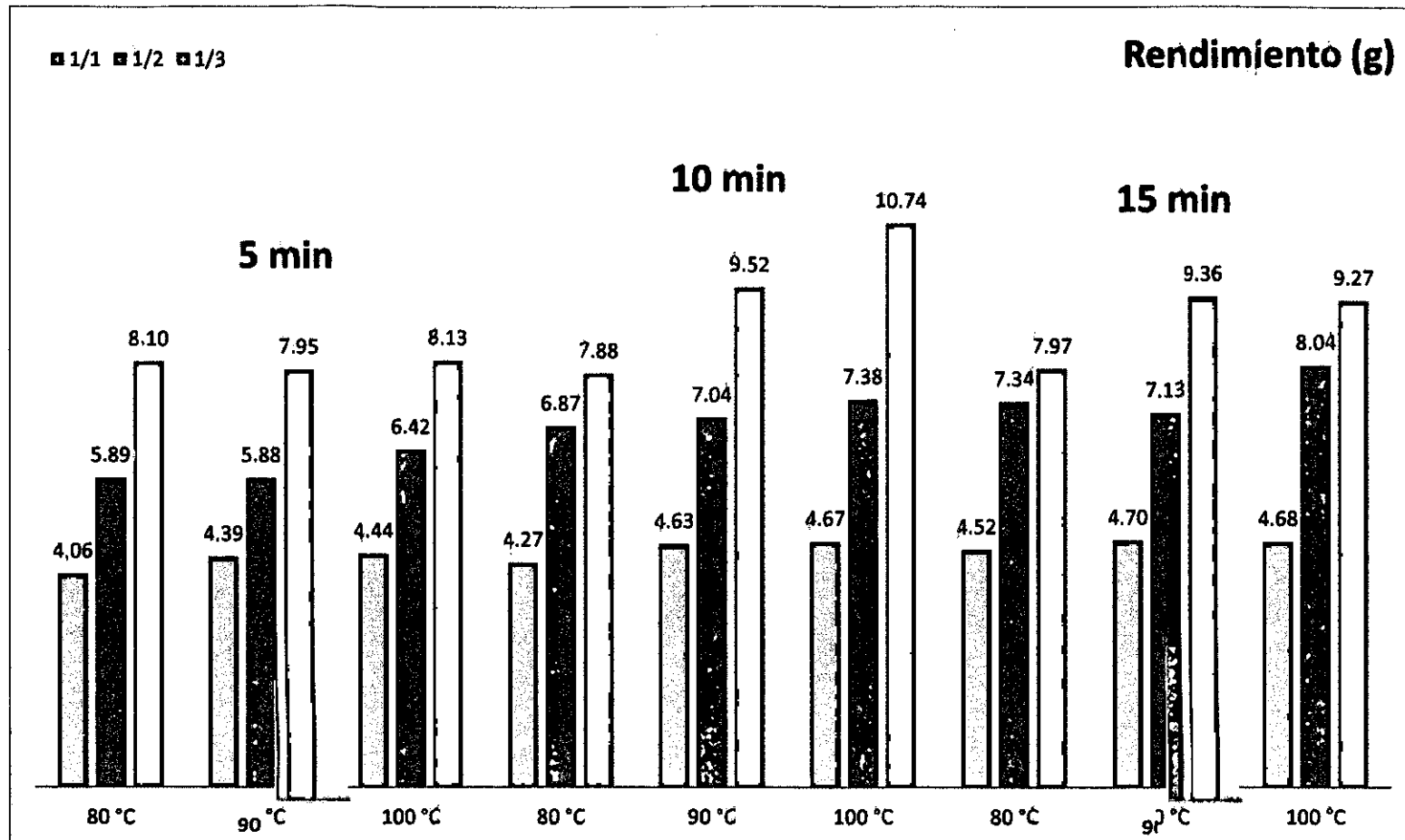
ANEXO Nº 4: RENDIMIENTO DE INULINA EN GRAMOS (elaboración propia)

RENDIMIENTO DE INULINA (g) en 50 g (aprox.) de muestra										
	muestra	t1			t2			t3		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
P/A1	1	4.14	4.47	4.37	4.18	4.77	4.73	4.79	4.74	4.59
	2	4.02	4.44	4.47	4.31	4.57	4.70	4.59	4.63	4.74
	3	4.02	4.25	4.49	4.33	4.55	4.59	4.18	4.74	4.70
P/A2	1	6.01	5.71	6.18	6.84	7.11	7.43	6.86	7.22	8.05
	2	5.81	5.86	6.48	6.86	6.97	7.28	8.24	7.13	8.15
	3	5.84	6.08	6.61	6.91	7.04	7.44	6.92	7.05	7.92
P/A3	1	8.18	7.84	7.88	8.15	9.87	10.29	7.90	9.62	9.47
	2	7.86	7.97	8.45	7.72	9.40	10.71	8.04	9.39	9.34
	3	8.27	8.05	8.05	7.76	9.29	11.23	7.97	9.06	9.01

RENDIMIENTO PROMEDIO (DE REPLICAS) DE INULINA (g) en 50 g (aprox.) de muestra									
	t1			t2			t3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
P/A1	4.06	4.39	4.44	4.27	4.63	4.67	4.52	4.70	4.68
P/A2	5.89	5.88	6.42	6.87	7.04	7.38	7.34	7.13	8.04
P/A3	8.10	7.95	8.13	7.88	9.52	10.74	7.97	9.36	9.27

Donde: t1 = 5 min, t2 = 10 min y t3 = 15 min
T1 = 80 °C, T2 = 90 °C y T3 = 100 °C
P/A1 = 1/1, P/A2 = 1/2 y P/A3 = 1/3

ANEXO N° 5: GRAFICA DE RENDIMIENTO EN GRAMOS DE INULINA



Fuente: elaboración propia.



ANEXO Nº 6: ANÁLISIS DE VARIANZA APLICANDO EL PROGRAMA ESTADÍSTICO DE COMPUTADORA MINITAB 16 (Elaboración propia)

Diseño factorial de múltiples niveles

Factores: 3 Réplicas: 3
Corridas base: 27 Total de corridas: 81
Bloques base: 1 Total de bloques: 1

Número de niveles: 3, 3, 3

Tabla de diseño

Corrida	Blq	A	B	C
1	1	1	1	1
2	1	1	1	2
3	1	1	1	3
4	1	1	2	1
5	1	1	2	2
6	1	1	2	3
7	1	1	3	1
8	1	1	3	2
9	1	1	3	3
10	1	2	1	1
11	1	2	1	2
12	1	2	1	3
13	1	2	2	1
14	1	2	2	2
15	1	2	2	3
16	1	2	3	1
17	1	2	3	2
18	1	2	3	3
19	1	3	1	1
20	1	3	1	2
21	1	3	1	3
22	1	3	2	1
23	1	3	2	2
24	1	3	2	3
25	1	3	3	1
26	1	3	3	2
27	1	3	3	3
28	1	1	1	1
29	1	1	1	2
30	1	1	1	3
31	1	1	2	1
32	1	1	2	2
33	1	1	2	3
34	1	1	3	1
35	1	1	3	2
36	1	1	3	3
37	1	2	1	1
38	1	2	1	2
39	1	2	1	3
40	1	2	2	1
41	1	2	2	2
42	1	2	2	3
43	1	2	3	1
44	1	2	3	2
45	1	2	3	3
46	1	3	1	1



47	1	3	1	2
48	1	3	1	3
49	1	3	2	1
50	1	3	2	2
51	1	3	2	3
52	1	3	3	1
53	1	3	3	2
54	1	3	3	3
55	1	1	1	1
56	1	1	1	2
57	1	1	1	3
58	1	1	2	1
59	1	1	2	2
60	1	1	2	3
61	1	1	3	1
62	1	1	3	2
63	1	1	3	3
64	1	2	1	1
65	1	2	1	2
66	1	2	1	3
67	1	2	2	1
68	1	2	2	2
69	1	2	2	3
70	1	2	3	1
71	1	2	3	2
72	1	2	3	3
73	1	3	1	1
74	1	3	1	2
75	1	3	1	3
76	1	3	2	1
77	1	3	2	2
78	1	3	2	3
79	1	3	3	1
80	1	3	3	2
81	1	3	3	3

Modelo lineal general: rendimiento vs. p/a, tiempo, temperatura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
p/a	fijo	3	1, 2, 3
tiempo	fijo	3	5, 10, 15
temperatura	fijo	3	80, 90, 100

Análisis de varianza para rendimiento, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
p/a	2	0.0993809	0.0993809	0.0496905	3182.41	0.000
tiempo	2	0.0038673	0.0038673	0.0019336	123.84	0.000
temperatura	2	0.0050205	0.0050205	0.0025103	160.77	0.000
p/a*tiempo	4	0.0012666	0.0012666	0.0003167	20.28	0.000
p/a*temperatura	4	0.0015041	0.0015041	0.0003760	24.08	0.000
tiempo*temperatura	4	0.0009064	0.0009064	0.0002266	14.51	0.000
p/a*tiempo*temperatura	8	0.0021547	0.0021547	0.0002693	17.25	0.000
Error	54	0.0008432	0.0008432	0.0000156		
Total	80	0.1149438				

S = 0.00395147 R-cuad. = 99.27% R-cuad. (ajustado) = 98.91%

Observaciones inusuales de rendimiento

Obs	rendimiento	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
23	0.197282	0.190311	0.002281	0.006971	2.16 R
26	0.205677	0.214767	0.002281	-0.009090	-2.82 R
39	0.126150	0.133862	0.002281	-0.007712	-2.39 R
52	0.168932	0.162447	0.002281	0.006485	2.01 R
61	0.083550	0.090321	0.002281	-0.006771	-2.10 R
80	0.224510	0.214767	0.002281	0.009743	3.02 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

ANEXO N° 7: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL EXTRACTO DE RAÍZ DE DAHLIA (INULINA)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



INFORME N° 281 -2014

Solicitante : PAUL DAVID MAZA PEÑA
Domicilio legal : Av. Grau 1702 – Castilla - Piura
Producto Declarado : Extracto de Dahlia (Inulina)
Procedencia : Ayabaca
Tamaño de la muestra : 100 g
Proyecto : "Obtención y Caracterización de Inulina a Partir de Dahlia (Dahlia sp) Obtenida de la Ciudad de Ayabaca – Piura"
Identificada con : O/S 003271 – (281)
Fecha de Recepción : 16 – 09 - 2014
Fecha de inicio del ensayo : 16 – 09 - 2014
Fecha de término del ensayo : 22 – 09 - 2014
Período de Custodia y Validez del documento : Este documento tiene validez para la muestra descrita, por un periodo de treinta días a partir de la emisión del documento.
"Muestra no sujeta al proceso de denuncia"

Pág. 1 / 1

MUESTREO REALIZADO
POR EL CLIENTE

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ENSAYOS	RESULTADO	Métodos
Humedad (%)	7.27	NTP 209.264:2013
Proteínas (%)	8.69	NTP 209.262:2013
Grasa (%)	2.01	NTP 209.263:2013
Cenizas (%)	3.47	NTP 209.265:2013
Fibra (%)	0.2	NTP 205.003:1980
Carbohidratos (%)	78.56	POR DIFERENCIA
Acidez (H ₂ SO ₄) (%)	1.14	NTP 209.266:2012
Valor Calórico (KCAL/100g)	365.82	POR CÁLCULO
Sólidos Totales (%)	92.73	Gravimétrico
Azúcares Reductores (mg/kg)	430.00	Fehling



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Ing. Fidel González Melchior
JEFE

Piura, 22 de Septiembre de 2014

DUC IN ALTUM "REMAR MAR ADETRON" (Lucas 5,4)
Urb. Miraflores - Campus Universitario S.N - Castilla - Piura
Teléfonos: (073)-285251, Anexo 2013 - (073) - 285203
labcontrol@unp.edu.pe
atencioncliente@unp.edu.pe@gmail.com